



# 海岸環境資源經營管理之探討 (三)

## —美國阿拉斯加海岸

文、圖 ■ 廖學誠 ■ 國立台灣師範大學地理學系教授

### 一、前言

由於氣候變遷問題日益嚴重，不只衝擊到地球的維生系統，也影響到人類的文明發展，因此，美國水資源學會早在1999年時即曾舉辦過一次氣候變遷的學術研討會。經過10年的發展，2009年5月4~6日美國水資源學會再次於阿拉斯加州安克拉治市舉辦「氣候變遷水資源的經營與發展」研討會。三天議程中，區分為37個場次，約有300餘人參與，百餘篇論文發表，並於會後考察阿拉斯加的海岸環境。

開幕當天大會特別安排阿拉斯加州環境保育部Hartig部長，以及美國總統環境變遷的首席顧問Walsh教授進行專題演講。Hartig部長指出，氣候變遷導致阿拉斯加沿海及陸地冰塊快速融化，造成當地嚴重的洪患及侵蝕問題，並衝擊到整體的生態系，他以Newtok原住民村落為例，2004年及2005年相繼來襲的河川氾濫，將大量泥沙沖刷至河道中，淤積河床，不只影響到居民的生命財產及衛生狀況，還阻礙了燃料運補船的進出，中斷寒冬的熱源供應。為了快速救災，聯邦、州及當地政府與居民合作，並由非政府組織團體來協助，以利復原

工作之進行。Newtok村落只是其中一例，還有許多村落都面臨融冰後所造成之洪患威脅，有鑑於此，阿拉斯加州政府乃積極擬定氣候變遷調適策略，組成4個工作小組，包括公共設施、健康文化、自然系統、經濟活動等，所有的策略必須奠基於可靠的資料分析，更重要的是，要能與社會大眾建立良好的溝通管道及夥伴關係，達成共同的目標及願景，並徹底執行。

有別於Hartig部長的策略面向報告，Walsh教授則以實際的科學數據來說明氣候變遷對阿拉斯加水文環境的衝擊。在陸地方面，阿拉斯加初春冰雪的覆蓋率逐漸降低，河川流量則明顯增加，以Tanana河為例，冬天結冰的日期延後8.7天，但春天融冰的日期則提前了9.7天，在極圈附近的費爾班克斯鎮，生長季節足足增加了50%，透過衛星影像進行植生指標（NDVI）分析後得知，阿拉斯加北部的植生指標值增加，但中南部則降低，因為氣溫升高使得北部的生長季節延長，而南部則造成蒸發散劇增，以致於夏季時中南部有乾旱現象。另外，在海域方面，冰塊面積顯著減少，海平面上升，極地貝羅小鎮的

暴風次數及強度則明顯增加，加速海岸侵蝕，注入北極海的淡水也顯著增加。

氣候變遷已對阿拉斯加的自然生態及人文社會造成衝擊，尤其是在海岸區域，此衝擊益加顯著；另外，近年來，阿拉斯加的旅遊業及油礦業蓬勃發展，這些人類活動更加速海岸環境的破壞與惡化。本文將以此次研討會的會議內容以及野外實察作為重點，簡介目前阿拉斯加海岸環境在經營管理上所遭遇到的挑戰。

## 二、海岸侵蝕

阿拉斯加州面積570,374平方英哩，約為40個台灣大小，總人口數60萬人，安克拉治市即佔一半。美國海岸線全長12,383英哩，約近2萬公里，其中阿拉斯加就佔6,640英哩，為全部的53.6%，所以海岸環境的經營管理對阿拉斯加而言甚為重要。近年來，阿拉斯加沿海社區都遭遇到海岸侵蝕之威脅，許多房舍、港口及公共設施都岌岌可危，以基奈半島的基奈市為例，近60年來海崖已後退至少60餘公尺，由於氣候變遷因素，海浪及潮流不斷地侵蝕，復因暴雨造成大量的地表逕流，尤其是1964年阿拉斯加的大地震，造成沿海區域嚴重受創，以致於當地海岸線快速後退（Broadfoot *et al.*, 2009）。阿拉斯加位於太平洋板塊及北美板塊交界處，地震頻繁，1964年3月阿拉斯加發生芮氏規模9.2的大地震（Zweck *et al.*, 2002），是北美洲有始以來最強的地震，也是世界第三大地震，造成131人死亡，主要是高達60餘公尺高的海嘯所致，摧毀許多沿海聚落，有122人因此喪生，



▲海岸護石防止海水侵蝕。



▲阿拉斯加地震紀念公園。

坦納根海灣（Turnagain Arm）地層下陷2.4公尺，而科迪亞克市（Kodiak）附近地殼則被抬升9.1公尺，地表水平位移15~20公尺，可見當時地震的巨大破壞。

由於內陸氣候寒冷，許多原住民居住於沿海區域，由於海岸侵蝕日益嚴重，危及當地居民的生命財產，遷村之議時有所聞，但龐大的遷村費用應該由誰支付？過去曾有3個村落考慮遷村，全部居民不及1,500人，但遷村費用卻高達5億美元，所費不貲，另外，遷村應由誰來主導？還有，真的可行？這一連串的問題不只反應出海岸侵蝕的嚴重性，更



▲地震造成海岸邊坡滑動。

凸顯出氣候變遷已對阿拉斯加造成全面性的衝擊 (Sexauer, 2009)。根據2003年美國主計處報告指出，阿拉斯加沿海及河岸的213個原住民村落中，有184個面臨洪水及侵蝕之威脅，約佔86%，2007年時，政府部門與顧問公司著手調查侵蝕的風險評估，針對各個社區之需求發展出侵蝕資訊報告，內容包括侵蝕情況及位置、原因、歷史事件、侵蝕範圍圖、離侵蝕海岸線的公共設施及距離、保護措施及花費、受創設施清查及估價、侵蝕地點照片等，目前已完成162個社區侵蝕資訊報告，提供政府緊急防救災之用 (Miller and Broadfoot, 2009)。

### 三、洪水災害

全球氣溫升高導致阿拉斯加冰川及積雪快速融化，夏季時河流及湖泊的水量也大量增加，造成沿海低窪地區嚴重洪患。以阿拉斯加東南沿海的門登霍爾湖為例，透過湖底等高線測量資料得知，從2000年至2008年為止，湖泊面積由原先的3.7平方公里擴增至4.02平方公里，總體積也由0.19立方公里增至0.23立方



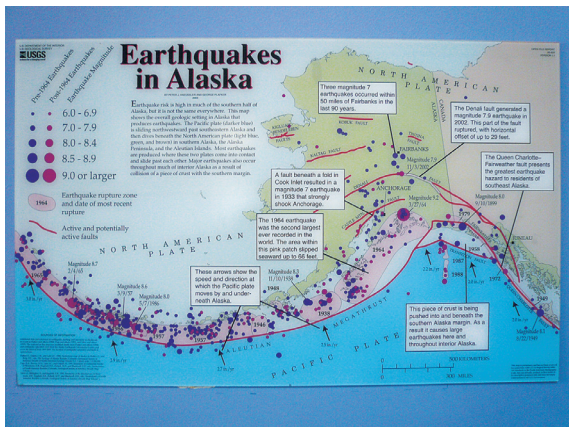
▲雪崩造成的海岸侵蝕溝。



▲海岸林土壤淺薄容易崩塌。

公里，由於夏季河川水量迅速激增，加速侵蝕效應，河中總懸浮泥沙量也隨之增加，冬季時門登霍爾河的總懸浮泥沙量為4~50噸/天，但到夏季時則增至500~600噸/天，大量泥沙流入湖泊後讓湖水變淺，2004年時，門登霍爾湖最深處為81.7公尺，但到2008年時，最深只有76.9公尺，溫度升高造成阿拉斯加東南沿海河川湖泊的水量、泥沙及營養鹽快速流動，對當地的三角洲及濕地生態系造成嚴重衝擊 (Korzen *et al.*, 2009)。

同樣地，阿拉斯加中南部海域有5條主要河川注入阿拉斯加灣中，從1960年至1990年



▲阿拉斯加地震示意圖。



▲地震後枯死的林木。

間，年平均流入量約26,800立方公尺／秒，對照於過去資料，總逕流量約增加20%，由於氣候變化，降雨量有顯著改變，尤其是地形雨影響最為明顯，此外，冰川的融化也促進河川流量增加，貢獻度佔40%，大量的淡水流入阿拉斯加灣後將改變海水的物理化學性質，進而影響到海洋生態系（Hood *et al.*, 2009）。同樣的情況也發生在安克拉治市附近的伊克魯特納冰川，過去50年來，該冰川的表面高度已下降39.5公尺，冰川後退1.7公里，有9~19%的河川流量是來自於冰川的融化，劇增的河川流量加速侵蝕作用，以致於水庫的



▲夏季時河川下游常有氾濫。

年淤積量高達9.2萬立方公尺，危及水庫的使用年限，由於冰川的快速融化，安克拉治的水資源供應已亮起紅燈（Larquier *et al.*, 2009）。

此外，介於加拿大與美國間的育空河，從1944年至2005年間，21個測站中有15個測站顯示出冬天的河川流量及4月初春的河川流量有明顯地增加，尤其是中下游的測站最為明顯（Brabets, 2009）。阿拉斯加的中下游河川流量在夏季時有顯著的增加，提高了沿岸區域的水災風險。例如，2008年7月，Tanana河發生嚴重水災，是自1967年以來最慘重的一次，24小時內降雨量高達127公釐，河川高漲、越堤漫延、氾濫成災，衝擊中下游許多城鎮，包括費爾班克斯鎮，極端的氣候變遷釀成高強度的降雨，在阿拉斯加已日益普遍（Plumb, 2009）。另一方面，冰川沿著坡面滑動至河谷，攔阻河水後常造成堰塞湖，當湖泊水位逐漸升高將對冰川產生壓力，最後造成冰川破碎或融化，大量的洪水乃傾瀉而下，致使下游區域形成洪災。Wolfe（2009）



▲阿拉斯加灣附近海岸林。



▲基奈峽灣國家公園服務中心。

曾指出，此種冰川堰塞湖潰決，造成下游水災，根據歷史資料其瞬間流量最高記錄曾達11萬立方公尺／秒，相當於密西西比河的最高洪峰流量，此情形常在阿拉斯加灣附近的海岸山脈發生，對當地的遊憩發展及公共設施造成嚴重威脅。

氣溫升高除了導致洪患外，對水域生態系亦會有所影響。阿拉斯加基奈半島上氣象站自1945年迄今之資料顯示，1977年後當地12月及1月的月均溫分別升高5°F及7°F，而夏季溫度卻只升高2°F，另外，在夜間溫度



▲前往基奈峽灣的舒濕港。

方面，1977年後夜間高溫的天數也比以前每年多出6至12天，很明顯地，阿拉斯加正面臨暖冬暖夜情況，對生態系造成衝擊，例如：夜間水溫增高後會影響到魚類的孵育與迴游，藻類生長加速，耗去大量的溶氧與營養，不利魚類的生存，這些都會影響到海洋生態系的正常運行（Berg, 2009）。

#### 四、海洋污染

1989年3月24日，艾克森美孚石油公司的油輪在阿拉斯加南部威廉王子灣附近觸礁，溢出1,100萬加侖（約4.16萬公噸）的原油，污染阿拉斯加大約1,500英哩（約2,414公里）的海岸，漏油覆蓋面積達1萬平方英哩，附近的國家公園、國家森林、國家野生動物保護區、重要棲息地及許多原住民領域等都遭受浩劫，是環境史上最慘重的災難之一。以威廉王子灣鮭魚漁場為例，鮭魚對當地生態及經濟都非常重要，它是海洋哺乳類動物、鳥類及其他魚類的食物來源，同時也是重要的經濟魚種，可作為食物及誘餌之用，



▲ 鮭魚迴游觀看台。

自從漏油事件後許多漁場封閉，持續至今，對當地的經濟發展造成莫大的打擊。

由於漏油事件影響層面甚廣，有3萬3千餘人共同提出團體訴訟，包括漁民、罐頭工廠工人、阿拉斯加原住民及其他受災者，向艾克森美孚石油公司求償，經過冗長的訴訟後，在1994年，阿拉斯加地方法院判決石油公司50億美元的懲罰性賠償金。艾克森美孚石油公司對此判決不服，繼續向聯邦法院提出上訴，在2006年12月時，聯邦法院將賠償金降至25億美元，每位原告大約可得到7.5萬美元。原以為此事應告一段落，但沒想到石油公司仍繼續向最高法院上訴，在2008年6月時，最高法院作出裁決，判決艾克森美孚石油公司必須賠償5.07億美元，每位原告只可領到1.5萬美元。除了支付受災者的賠償金外，石油公司還必須清除海上及沿岸油污，諷刺的是，石油公司至今還欠繳9,200萬美元的清除費用。漏油事件至今已屆滿20周年，威廉王子灣及阿拉斯加灣海灘上的油污清除工程仍持續進行，原油外洩對海洋污染衝擊之大是超乎

想像。

漏油事件影響到海岸原住民的生存，許多原住民靠海為生，其食物來源主要是海洋生物，當他們不慎食用到受污染的海鮮時，常造成體內病變、危及健康，有鑑於此，政府成立健康工作小組至各原住民社區宣導，但成效有限，因為當地原住民並不信任他們，主要原因之一是工作小組的建議違反原住民的傳統文化與價值，而原住民對污染的認知也和科學家們有所不同，正因為如此，油污事件對原住民的傷害更是巨大（Miraglia, 2002）。除了對原住民的文化造成衝擊外，漏油事件也對當時的社會及政治造成影響。Birkland and Lawrence（2002）指出，經過這場原油大污染後，油污的防制及處理技術大幅改進，爭辯14年之久的油污法也在此次事件後翌年1990年通過。雖然重大意外事件促使法案的制定與政策的推行，但我們不禁要問，付出的代價未免也太大了吧！

雖然漏油事件造成阿拉斯加灣重大破壞，但如果將歷史的軸線拉長，從歐洲白種人開始在此活動來看，漏油事件只不過是人為破壞中的其中一小部分。Woolley（2002）指出，對照於漏油事件，俄羅斯人及美國人對阿拉斯加灣附近的破壞是有過之而無不及，從早期白種人與原住民的毛皮交易、海洋哺乳類的狩獵，到晚近的商業捕魚、伐木、採礦、甚至引入外來的狐狸、野鹿及鮭魚等，那一項沒有造成當地生態的重大浩劫？尤其甚者，白種人帶來的疾病更讓原住民死傷大半，其衝擊不亞於漏油事件。



## 五、水資源供應

能源危機讓阿拉斯加的油礦業快速發展，油井鑽探及煤礦開採逐漸漫延開來，尤其是在沿海平原區域，油礦業的急遽發展帶動人口成長，促使水源供應益形迫切重要。在阿拉斯加北極海附近的北坡，是目前開採原油及天然氣的聚集區域，為了提供足夠的水源，供應當地民生及工業需要，沿海附近許多湖泊被規劃為水源儲存區，除了要有效地蓄積夏季的融雪外，更要避免海水滲入、破壞水質（Toniolo and Lilly, 2009）。根據北坡附近湖泊水位的變化得知（Lilly and Toniolo, 2009），春天的融雪及夏天的降雨讓水位上升，但蒸發作用及人為用水抽取則讓水位下降，由於北坡位於北極永凍層內，地下水均被冰凍，以致於地下水補助至湖泊內的比率是微乎其微，整體而言，自然過程對湖泊水位的影響遠高於人為的抽取作用。另外一項研究也指出（Arp *et al.*, 2009），阿拉斯加北極海附近的湖泊鹽化情況日益明顯，主要原因有二，第一，蒸發作用旺盛，以致於湖水有濃縮效應，從1977年至2008年止，湖水的比電導度增加44%，尤其是近5年增加速度最快，從2004年至2008年，湖水的比電導度就增加了35%；第二，是北極圈暴風的強度及頻率增加，常有海岸侵蝕及海水倒灌現象，沿海區域的湖泊已有7%會遭受定期的海水洪患侵襲。

在氣候變遷的不確定性下，水資源供應策略上除了開源外，節流亦是另一方針。阿拉斯加北極圈內聚落到冬季時取水不易，融冰換水將耗去大量能源，因此如何降低水源的使用

與依賴就益形重要，目前當地每人每日用水量為100加侖，約378公升，未來希望能降低至10加侖，當用水量降低時，廢水的處理費用就減少，同時缺水風險也就跟著降低（Hebert and Lilly, 2009）。

## 六、民眾參與

### （一）海岸管理計畫（Alaska Coast Management Program）

1972年美國聯邦政府通過海岸區域管理法，要求擁有海岸的州政府必須制定海岸管理計畫，有智慧地使用土地及水資源，並且在經濟發展下同時兼顧海岸在生態、文化、歷史及美學上之價值。阿拉斯加州開始著手相關立法工作，並於1977年首度提出草案，但並未通過，主要理由是缺乏地方的參與，經過修改提高地方參與度，並強化地方政府的角色功能後，海岸管理計畫終於通過。

阿拉斯加州的海岸管理計畫主要是由自然資源部、漁業及遊憩部、環境保育部共同負責，有關海岸的開發案必須送交到這些部門各自審理，依據州定標準作為判斷依據，此外，各地方政府可根據本身的環境條件及發展目標制定更嚴格的標準，換言之，地方政府及當地社區可透過此機制達到參與海岸計畫審核之目的。2003年時，當時的穆考斯基州長為了促進石油業的發展，提高當地的經濟收入，透過立法修改此一行之多年的規定，主要變更包括（Gray, 2005）：1. 不再考慮空氣及水質的標準，原先此部份是由環境保育部負責；2. 將審核權力集中於自然



▲安克拉治市沿海潟湖。



▲安克拉治市沿海濕地。

資源部，不再是各部會獨自審理；3·統一由自然資源部擬定相關的規範與準則；4·阿拉斯加州33個海岸管理處必須重新編訂計畫，而這些計畫必須符合州政府的新規定。

新的海岸管理計畫限縮了地方政府的權限，雖然地方政府仍能制訂開發規範，但只能比州政府的規定寬鬆，再也不能像過去那樣制訂比州政府更嚴格的標準，地方參與形同虛設，而地方意見也不受尊重，另外，許多標準也降低不少，例如採礦及棲息地保育等（Gray, 2005）。很明顯地，新的計畫有利於



▲安克拉治市沿海步道。

業者的開發，尤其是油井鑽探及露天採礦，但對地方居民而言可能是夢魘的開始，因此，阿拉斯加保育聯盟積極結合相關團體，推動一人一信運動，呼籲民眾挺身而出，捍衛阿拉斯加的壯麗海岸。

## （二）安克拉治市海岸管理計畫

依據上述海岸管理計畫規定，安克拉治市於1979年提出該市海岸管理計畫，2003年由於穆考斯基州長修改相關規定，所以安克拉治市於2007年提出新版本的海岸管理計畫，共計六大章，61頁（MOA, 2007）。有關該市海岸區域的劃定，是以100年沿海洪水區再往水平方向內延1,320英呎（約407公尺），沿海河川亦以100年洪災區再往河道兩側水平延長1,320英呎，直至海拔1,000英呎（約308公尺）處，在此範圍內均納入海岸區域。計畫中提出25項地方關心的議題，包括生態保育、經濟發展、休閒遊憩、居住品質等，另外，計畫中也詳細說明資源的調查與分析（MOA, 2007）。綜觀全文，民眾參與的宣示很多，但參與的機制卻很少，以舉辦





▲阿拉斯加灣的楚加國家森林。

公聽會及公告說明為主，海岸開發案的最後審核權是由州政府掌控，地方政府只能提供建議，雖有審查機制，但標準卻是由州政府制訂。

### （三）海岸淨水計畫（Coastal Clean Water Plan）

海岸淨水計畫是依據1990年聯邦政府通過的海岸區域法而訂，該計畫著重於水質方面，為了喚醒居民關心海岸環境，該計畫特別強調民眾參與，其目標是（DNR, 1995）：

- 1· 增進民眾對清淨水的益處的認知與瞭解；
- 2· 增進民眾對非點源污染的認知與瞭解；
- 3· 改善政府與民眾的對話，追尋雙方共同的目標與可接受的解決方案；
- 4· 發展技術協助計畫，包括研究、示範、資料庫、準則手冊、教育訓練等。

### （四）社區林業計畫

阿拉斯加社區林業計畫是由自然資源部林業處所負責，其任務是協助社區建立有效的、自主永續、且獲得地方強力支持的社區林業計畫。透過此項計畫培育政府、企業及志工

的夥伴關係，共同改善社區環境。在操作上，林業處提供經費讓民間非營利團體或社區組織來申請，以從事林業經營或樹木保護等工作，申請書需於每年2月底前寄達林業處，申請補助金額上限為5,000元美金，約合新台幣16萬元，申請單位必須提供相對金額的配合款，這些配合款可由其他基金或捐款來支應，亦可由勞務或志工時間來折算。當林業處收齊申請案件後，將交由公正團體阿拉斯加社區林業委員會來審查，委員會共有15位成員，每一年改選5位委員，任期3年，有興趣者皆可申請參選，再由委員會來遴選。社區林業委員會除了審理申請計畫案件外，還必須肩負教育推廣之責，且是無給職。

從1991年阿拉斯加開始推動社區林業迄今，已補助54萬美元給社區團體，金額雖然不高，但卻引發145萬美元的效益（DNR, 2009），此種拋磚引玉型的補助計畫，已廣泛地引起社會大眾的迴響，進而積極投入社區林業工作、出錢出力。

## 七、結論

2007年3月1日至2009年3月1日是第4個「國際極地年」（International Polar Year），前三次國際極地年分別為1882~1883年、1932~1933年以及1957~1958年。國際極地年其目標是對地球極地地區展開國際性的科學研究、建立新的觀測系統、提供可自由獲取的資料、並促進年輕世代的廣泛參與。世界氣象組織（WMO）並將2007年世界氣象日

的主題定為「極地氣象：瞭解全球影響」。台灣雖位處亞熱帶，距離南北極甚遠，但是在全球氣候變遷影響下，台灣亦無法倖免，南北極的融冰，終將影響到台灣的海岸環境，海岸侵蝕、洪水災害、海洋污染、水資源供應等問題亦將陸續浮現，除了未雨綢繆研擬相關對策外，更需喚醒國人對氣候變遷的認知，並鼓勵民眾積極參與海岸環境的保育工作。另一方面，從阿拉斯加案例亦可得知，能源危機促使當地積極開採石油及天然氣，造成海岸環境甚多破壞，如何兼顧經濟發展

與環境保護尚待努力。♻️

\*謝誌：感謝阿拉斯加州政府自然資源部林業處副處長D.N. Brown女士、社區林業計畫主辦S. Nichel先生、海岸及海洋管理處主辦P. Boyer先生及J. Renkert先生提供相關資料並接受訪談，讓本文能更加充實，謹在此致上最高謝意。

### 參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化 攝影／林文集）